

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

(11) N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 680 074

(21) N° d'enregistrement national :

91 10216

(51) Int Cl⁵ : A 01 G 9/20, 9/24, 31/02

(12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 07.08.91.

(30) Priorité :

(43) Date de la mise à disposition du public de la
demande : 12.02.93 Bulletin 93/06.

(56) Liste des documents cités dans le rapport de
recherche : *Se reporter à la fin du présent fascicule.*

(60) Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

(71) Demandeur(s) : LE NORMAND BENATEAU Serge —
FR.

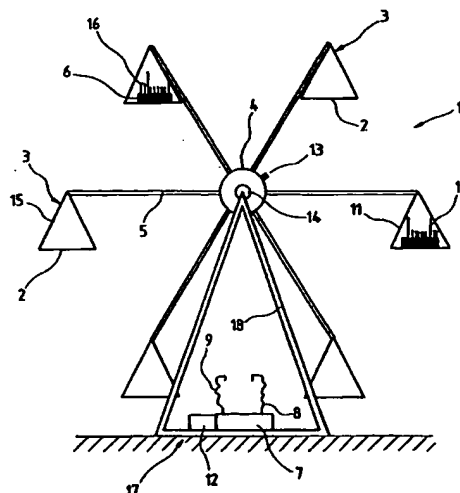
(72) Inventeur(s) : LE NORMAND BENATEAU Serge.

(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire : Vidon Patrice Cabinet Patrice Vidon.

(54) Dispositif de culture de végétaux à mouvement rotatif vertical.

(57) L'invention concerne un dispositif de culture de végétaux (1) du type comprenant au moins un support horizontal sur lequel peuvent être disposés des unités de culture végétale (6) et destiné à être installé dans une enceinte bénéficiant d'une source de lumière naturelle et/ou possédant au moins une source lumineuse artificielle. L'invention est caractérisée en ce que ledit dispositif (1) est constitué d'une ou plusieurs plaques-support horizontales (2) reliées à des moyens permettant de leur inculquer un mouvement de rotation périodique autour d'un axe horizontal (4) de façon à faire prendre de façon identique et cyclique à chacune desdites plaques-support (2) une succession de positions possédant chacune des caractéristiques d'exposition spécifiques.



FR 2 680 074 - A1



Dispositif de culture de végétaux à mouvement rotatif vertical

L'invention concerne le domaine des techniques artificielles de cultures végétales.

5 L'invention concerne notamment le domaine des techniques de cultures de végétaux hors-sol, permettant de faire se développer différents types de plantes sur des supports nutritifs dans des conditions artificielles les plus contrôlées possibles.

Les techniques artificielles de croissance des végétaux consistent à gérer l'environnement climatique de ceux-ci à l'intérieur de salles de cultures ou de serres
10 dans lesquelles on cherche à contrôler de nombreux paramètres tels que les caractéristiques de l'environnement climatique ainsi que la disponibilité de l'eau et des éléments minéraux à proximité des racines, la quantité de lumière reçue par le feuillage, sa qualité, la durée relative du jour, les niveaux de températures ambiantes et racinaires, l'hygrométrie de l'air, le taux atmosphérique de CO₂, de
15 façon à favoriser la croissance et le développement des plantes.

Les techniques artificielles de culture des végétaux réalisées généralement en phytotron, en salle de germination ou en salle de test pathologique sont largement utilisées, notamment lors de la recherche de nouvelles espèces possédant des caractéristiques génétiques modifiées ou obtenues par croisement. Elles sont
20 notamment utilisés dans les unités de forçage, permettant d'accroître la vitesse de développement des jeunes plants.

Ces techniques font appel à des substrats chimiquement inertes et biologiquement purs tels que laine de roche, perlite, pouzzolane... caractérisés par une capacité d'échange nulle ou faible. La capacité de rétention d'eau de ces
25 substrats est variable : la tendance actuelle privilégie ceux qui présentent une faible capacité hydrique. Une maîtrise relative de la solution nutritive baignant les racines est donc possible. Les substances nutritives peuvent également être, dans certains cas, distribuées aux végétaux sous la forme de gaz dans lequel elles sont en suspension. On parle dans ce cas de cultures aéroponiques.

30 Les dispositifs de culture hors-sols de l'état de la technique se présentent soit

sous la forme de serres ou d'enceintes éclairées artificiellement dont les équipements permettent théoriquement d'ajuster les paramètres du milieu en fonction des exigences des plantes. Dans la pratique, les modèles utilisés par les automates de régulation climatique gérant le fonctionnement des serres ont, jusqu'à
5 présent, eu pour seuls objectifs l'optimisation fonctionnelle des équipements et les économies d'énergie.

Le passage de la culture hors-sol au stade industriel pose différents problèmes et entre autres celui de la reproductibilité des conditions climatiques régnant à l'intérieur des serres ou des enceintes de climatisation.

10 Des études ont montré que ce défaut de reproductibilité était notamment du au manque d'homogénéité des conditions climatiques régnant à l'intérieur de ces serres ou de ces enceintes, le climat n'étant pas uniforme en tout point du volume qu'elles délimitent.

15 L'éclairage est l'un des paramètres vitaux à la croissance des plantes lié à d'autres conditions ambiantes comme la température et l'humidité.

Trois processus reposant sur la lumière régissent la croissance des plantes :
- la photomorphogénèse,
- le photopériodisme.
- la photosynthèse,

20 La photomorphogénèse est l'effet produit par la lumière sur la forme des plantes. Ainsi, les plantes cultivées exclusivement sous une lumière rouge ont un aspect fuselé et de petites feuilles qui semblent être la conséquence d'un manque de lumière bleue. La photomorphogénèse est liée à un récepteur appelé "phytochrome".

25 Le photopériodisme est le phénomène selon lequel les plantes réagissent différemment à la durée de la lumière à laquelle elles sont exposées. L'éclairage artificiel permet de modifier le cycle lumière-obscurité naturel et ainsi, de changer la manière dont la plante met en oeuvre les produits de la photosynthèse.

30 La photosynthèse, ou la conversion de l'énergie rayonnée en énergie chimique, indispensable à la synthèse des composants organiques constituant la

plante, est le processus le plus important car il est indispensable à la croissance de cette dernière. La photosynthèse conditionne la rapidité de croissance de la plante, c'est-à-dire la vitesse à laquelle s'accroît sa taille, en ne tenant pas compte des modifications morphologiques simultanées. Elle peut s'exprimer par le taux d'accumulation de matières sèches dans les tissus de la plante.

Les cultures hors-sol de végétaux permettent d'accélérer la photosynthèse notamment en utilisant un éclairage artificiel faisant appel à des sources de lumière de forte puissance pouvant fonctionner pendant douze heures ou plus sur vingt quatre et fréquemment de jour aussi bien que de nuit. Ces sources de lumière artificielle peuvent agir dans un spectre différent de celui de la lumière naturelle.

Ce sont essentiellement les radiations comprises entre 380 et 780 nm qui sont utilisées par les photorécepteurs. Ces photorécepteurs sont situés dans des "cavités" : les stomates, situées sous les feuilles au niveau des nervures secondaires, qui s'ouvrent sous l'action de la lumière. Ce n'est pas l'énergie lumineuse totale irradiant la plante qui importe, mais le nombre de quanta contenus dans cette énergie et absorbés efficacement par la plante. L'action de photosynthèse entre 400 et 700 nm est à peu près la même quelque soit la longueur d'onde du quanta absorbée ; cet effet s'accroît avec l'éclairement énergétique mais au-dessus d'un certain seuil lié à la nature du végétal, il peut se produire un phénomène de saturation. Ce phénomène est dû au fait que les chloroplastes associés aux stomates présentent un seuil de saturation au delà duquel ils n'absorbent plus l'énergie fournie. On parle alors de saturation photique des stomates. De plus, lorsque ces stomates sont ouverts et que la lumière cesse, on peut observer un temps de rémanence avant que les stomates ne se referment. Il apparaît chez certaines espèces végétales que des rythmes d'éclairement lent de période supérieure à 90 s environ donnent le temps au chloroplastes et à un degré moindre aux stomates de réagir aux variations d'éclairement. Ce phénomène disparaît avec des fréquences plus élevées. La photosynthèse ne peut alors plus traduire l'éclairement en fluctuation d'absorption de CO_2 . Il est donc inutile de fournir à la plante une source continue de lumière. Ainsi, certaines techniques mettent en oeuvre un éclairage

artificiel sous forme de flashes ou de rampes lumineuses mobiles. Cependant ces techniques se révèlent fort coûteuses.

5 Les dispositifs de culture de végétaux cherchent à optimiser les conditions d'éclairage de façon à favoriser le processus de la photosynthèse et à établir un photopériodisme permettant d'accélérer le développement du végétal cultivé tout en favorisant également la photomorphogenèse.

Les techniques de cultures artificielles de végétaux utilisent donc, en complément ou non de l'éclairage naturel, des lampes présentant des caractéristiques aptes à répondre et à favoriser ces différents processus biologiques.

10 En termes d'éclairage, l'efficacité d'une lampe dépend de deux facteurs. Le premier est la proportion d'énergie électrique qu'elle convertit en énergie rayonnée, dans la partie visible du spectre, c'est-à-dire approximativement entre 400 et 700 nm. Le second est la répartition de cette énergie rayonnée sur le spectre visible.

15 Les lampes les plus couramment utilisés dans le domaine des cultures végétales artificielles sont les lampes à décharges à haute efficacité de rayonnement.

20 Les enceintes de cultures végétales de l'état de la technique se présentent sous la forme de salles de culture, pouvant éventuellement bénéficier de la lumière naturelle et munies de rampes générant un flux lumineux permettant de suppléer celle-ci. Les plantes traitées dans ces enceintes sont posées au niveau du sol de façon à ce qu'elles bénéficient de l'éclairage. Cependant, ce type d'installations ne permet pas de fournir un flux lumineux homogène à toutes les unités de culture. En effet, le flux lumineux reçu par chaque unité de culture est proportionnel au carré de la distance qui le sépare de la source lumineuse. Les unités de culture
25 disposées à l'extrémité des rampes lumineuses reçoivent donc un flux lumineux plus faible. Ce problème est accru à l'échelon industriel lorsque le nombre d'unités de culture disposées devant chaque rampe lumineuse est important. Le flux lumineux reçu par les unités de culture variant en fonction de leur position par rapport aux
30 rampes lumineuses, il existe une disparité de l'activité photosynthétique suivant les

unités de culture, disparité constituant un facteur pénalisant pour la reproductibilité des conditions de culture.

5 Les caractéristiques des enceintes de cultures hors-sol de l'état de la technique ne permettent donc pas d'effectuer les cultures de végétaux, selon des critères de reproductibilité suffisamment élevés pour autoriser une adaptation fiable à l'échelon industriel.

Le coût de telles enceintes est de plus élevé, notamment du fait de leurs dimensions, le nombre de plantes pouvant être installées par mètre carré étant relativement faible, et du coût de l'éclairage artificiel.

10 Un objectif de la présente invention est de fournir un dispositif de culture de végétaux permettant d'obtenir des conditions climatiques de culture présentant un caractère élevé de reproductibilité.

15 Un objectif de l'invention est ainsi de présenter un tel dispositif muni de moyens permettant de répartir de façon homogène le flux lumineux reçu par des unités de culture placées sur le dispositif.

Un autre objectif est de présenter un tel dispositif permettant d'augmenter de façon considérable le nombre d'unités de culture traitées dans une surface donnée d'une enceinte de culture.

20 Encore un autre objectif de l'invention est de fournir un tel dispositif permettant de réaliser des économies d'énergie.

Un autre but de l'invention est de présenter une enceinte de régulation climatique permettant l'installation d'au moins un tel dispositif de culture de végétaux.

25 Un autre objectif de l'invention est également de présenter une telle enceinte permettant d'associer éclairage naturel et artificiel en évitant le gaspillage de l'énergie nécessaire aux systèmes d'éclairage artificiel.

30 Selon l'invention, le dispositif de culture de végétaux est du type comprenant au moins un support horizontal sur lequel peuvent être disposés des unités de culture végétale et destiné à être installé dans une enceinte bénéficiant d'une source de lumière naturelle et/ou possédant au moins une source lumineuse

artificielle et est caractérisé en ce qu'il est constitué d'une ou plusieurs plaques-support horizontales reliées à des moyens permettant de leur inculquer un mouvement de rotation périodique autour d'un axe horizontal de façon à faire prendre de façon identique et cyclique à chacune desdites plaques-support une succession de positions possédant chacune des caractéristiques d'exposition spécifiques.

L'un des principes à la base de l'invention est de conférer une mobilité périodique au dispositif de culture de façon à pouvoir notamment homogénéiser les temps d'exposition de chacun des sites de culture situés dans le dispositif. Plus précisément, l'exposition du dispositif aux rayons de lumière naturelle ou artificielle est généralement assuré par une ou plusieurs sources ponctuelles de lumière qui génèrent un champ lumineux de caractéristique fortement non isotrope. Indépendamment des effets de réflexion de la lumière à l'intérieur de l'enceinte de culture, la non isotropie du champ lumineux est essentiellement due au phénomène de l'ombre portée des différents éléments du dispositif. La mobilité périodique à la base de l'invention consiste à faire prendre, de façon identique à chaque site de culture du dispositif une succession de positions présentant chacune des caractéristiques d'exposition spécifiques. Lorsqu'un cycle total a été effectué par le dispositif, chacun des sites de culture a pris chacune des positions d'exposition et a donc subi un cumul d'exposition identique.

Un avantage corollaire du principe de la mobilité périodique, est qu'il permet non seulement d'homogénéiser le flux de lumière reçu par chaque site de culture comme il vient d'être expliqué mais encore, en cas de besoin, de fournir une exposition différenciée à chacun des sites de culture. On peut en effet réaliser des conditions de déroulement du cycle de mobilité de façon qu'un site de culture donné soit soumis à un temps cumulé d'exposition supérieur à celui au temps cumulé d'un autre site du dispositif, chaque site correspondant à un plan de culture d'exigence différente. Ceci est obtenu aisément, par exemple, en exposant le premier site de culture plus longtemps que le second site au cours du cycle.

En l'occurrence, l'invention consiste à réaliser le dispositif de culture sous

forme de roue constituée d'une pluralité de montants radiaux diamétraux à chacune des extrémités desquels sont suspendus des balancelles formant autant de sites de culture. La roue est entraînée en rotation soit uniforme, soit modulée. La rotation uniforme correspond à une installation fournissant un cumul d'énergie lumineuse identique à chaque balancelle. La modulation de la vitesse de rotation permet de différencier la distribution d'énergie lumineuse à chaque site de culture.

On notera que cette configuration est particulièrement avantageuse dans le cas où l'énergie lumineuse est apportée par une ou quelques sources de lumière naturelle et/ou artificielle. En effet, si l'on place le dispositif rotatif de culture dans une position telle que les rayons lumineux principaux émis par ladite source de lumière soient essentiellement parallèles au plan de rotation, on obtient un phénomène de contrastes importants entre les positions exposées et les positions sous-exposées des sites de culture. Plus précisément, lorsqu'un site de culture se trouvera dans la position cyclique la plus proche de la source lumineuse, il en recevra directement les rayons lumineux avec une intensité maximale; à l'opposé de la roue, le site de culture symétrique sera dans la zone d'ombre portée par la majeure partie du dispositif interposée entre le site en question et la source lumineuse. Cette situation de fort contraste est extrêmement favorable à la programmation de toute séquence cyclique d'illumination différenciée des sites de culture.

Préférentiellement, chacune des plaques-support de culture est constituée d'une balancelle entraînée en rotation autour dudit axe de rotation distinct de l'axe de suspension de ladite balancelle.

Egalement avantageusement, le dispositif est en forme de roue monobloc constituée d'une pluralité de montants radiaux diamétraux à chacune des extrémités desquels est suspendue une plaque-support de culture sous forme de balancelle, des moyens d'entraînement imprimant à ladite roue un mouvement de rotation autour dudit axe horizontal.

Avantageusement, lesdits moyens d'entraînement impriment à ladite roue une vitesse angulaire constante de façon à répartir de façon homogène le flux

lumineux reçu par les unités de cultures sur l'ensemble des plaques-support horizontales.

5 Selon un autre variante, lesdits moyens d'entraînement impriment à ladite roue une vitesse angulaire variable de façon à distribuer de façon différenciée le flux lumineux reçu par les unités de culture disposées sur au moins deux plaques-support horizontales distinctes.

10 Préférentiellement, ledit dispositif est équipé d'un dispositif d'irrigation et/ou de fertilisation constitué par un bac contenant eau et/ou substances nutritives disposé de telle sorte que lors de sa rotation autour dudit axe horizontal, chaque unité de culture disposée sur lesdites plaques-support observe un temps de passage dans ledit bac.

15 Selon une autre variante de réalisation de l'invention, le dispositif est muni d'un système d'analyse de siccité du sol tel qu'un tensiomètre ou tout système électrique, par exemple capacitif ou résistif. Ce système peut par exemple être constitué par des électrodes fixes pouvant coopérer avec deux électrodes plantées dans le substrat de chaque unité de culture, ce système permettant de détecter les besoins en eau des unités de culture par contact temporaire des électrodes plantés dans le substrat avec les électrodes fixes lors du passage de celles-ci, les électrodes fixes étant reliées à un bac délivrant le liquide d'irrigation en fonction des besoins relevés.

20 Avantageusement ledit dispositif est équipé d'un capteur angulaire permettant de détecter la position de chaque plaque-support horizontale lors de la rotation du dispositif.

25 Préférentiellement le dispositif coopère avec des moyens de climatisation insufflant un flux d'air à hygrométrie contrôlée dans une direction essentiellement tangentielle à ladite roue et dans le sens de rotation du dispositif de culture.

L'invention concerne également une enceinte de régulation climatique de dimension suffisante pour permettre l'installation d'au moins un dispositif de culture de végétaux de ce type.

30 L'enceinte de régulation climatique selon l'invention est caractérisée en ce

qu'elle comprend des moyens d'occultation de la lumière naturelle pouvant être actionnés lorsque l'intensité de la lumière naturelle est trop forte ou pour correspondre à la photopériode des plantes cultivées sur les unités de culture du dispositif.

5 L'invention concerne également une enceinte de régulation climatique caractérisée en ce qu'elle comprend des moyens de nébulisation d'eau permettant de créer un brouillard servant à réguler l'hygrométrie ambiante et la température selon une courbe adiabatique.

10 L'invention ainsi que les différents avantages qu'elle présente seront mieux compris grâce à la description qui va suivre d'un exemple non limitatif de réalisation de l'invention en référence au dessins dans lesquels :

- la figure 1 représente un dispositif de culture de végétaux selon l'invention;
- la figure 2 représente une enceinte climatique à l'intérieur de laquelle est installé un dispositif conforme à l'invention;
- 15 - la figure 3 représente un exemple de courbe de la variation dans le temps de l'intensité de la lumière naturelle ;
- la figure 4 représente la courbe de la photopériode d'une plante ;
- la figure 5 représente les plages d'activité d'une lampe automatiquement mise en oeuvre pour suppléer la lumière naturelle;
- 20 - la figure 6 représente la courbe cumulée de l'énergie lumineuse reçue par les unités de culture placées sur le dispositif;
- la figure 7 représente un schéma d'un dispositif de culture de végétaux conforme à la présente invention sur lequel l'intensité lumineuse reçu par les balancelles dans chacune des positions a été notée.
- 25 - la figure 8 représente la courbe des intensités lumineuses reçues par les unités de culture selon leur position sur les différentes plaques-support horizontales du dispositif de la figure 7.

Selon la figure 1, un dispositif de culture de végétaux 1 conforme à la présente invention est représenté en vue latérale. Ce dispositif se présente sous la
30 forme d'une roue et comprend un axe horizontal 4 montée mobile en rotation sur

un bâti 18, la rotation de l'axe horizontal sur lui-même étant autorisée grâce à un moteur 14. Différentes plaques-support horizontales 2 sur lesquelles peuvent être disposées des unités de culture 6 sont pendulées sur des montants radiaux 5 de façon à former des balancelles 3 et ainsi de maintenir constante ou environ
5 constante l'horizontalité des plaques-support 2 au cours de leur rotation autour de l'axe horizontal 4. Les balancelles sont définies à la fois par les plaques-support horizontales 2 et par des liaisons 15 reliant lesdites plaques-support 2 aux montants radiaux 5. Les balancelles sont conçues de façon à permettre le développement vertical des plantes cultivées dans les unités de cultures. Ces unités de culture 6
10 sont chacune pourvue d'un capteur 16 permettant de comptabiliser l'intensité lumineuse reçue par les plantes de ces unités de cultures. Pour la clarté du dessin, les unités de cultures 6 n'ont pas été représentées sur toutes les balancelles 3.

Le dispositif 1 est par ailleurs muni d'un capteur angulaire 13 qui permet de détecter la position de chaque balancelle 3 lors de sa rotation autour de l'axe
15 horizontal 4.

Le dispositif 1 est également muni dans sa partie inférieure d'un système système d'irrigation 17 comprenant un système électrique 7 dont les bornes 8,9 peuvent coopérer avec deux électrodes 10,11 plantées dans le substrat de chaque unité de culture 6. Le système électrique permet de détecter les besoins en eau
20 et/ou en substances nutritives des unités de culture en entrant en contact temporaire avec les électrodes 10,11 lors du passage de celles-ci au cours de la rotation du dispositif, ledit système électrique 7 étant relié à un bac 12 délivrant le liquide d'irrigation et/ou nutritif en fonction des besoins relevés par le système électrique.

Ce système d'irrigation constitue un mode de réalisation préférentiel de mise en oeuvre du dispositif de culture de végétaux selon l'invention présentant de nombreux avantages et en particulier celui de délivrer à chaque unité de culture la quantité nécessaire et suffisante d'eau et/ou de substances nutritives dont elle a besoin. D'autres systèmes peuvent être envisagés, notamment celui constitué d'un
30 bac d'irrigation situé dans la partie inférieure du dispositif, contenant un liquide

d'irrigation et au niveau duquel chaque balancelle passe lors de la rotation du dispositif de façon à ce que les unités de culture trempent dans ledit liquide pendant un temps variable suivant la vitesse de rotation du dispositif. Afin de retenir l'eau, les unités de culture peuvent être munie d'une moquette absorbante.

5 Le moteur 14 permet d'inculquer une rotation dudit axe horizontal 4 soit selon une vitesse angulaire constante de façon à répartir de façon homogène le flux lumineux reçu par les unités de cultures sur l'ensemble des plaques-support horizontales 2, soit selon une vitesse angulaire variable de façon à distribuer de façon différenciée le flux lumineux reçu par les unités de culture disposées sur au
10 moins deux plaques-support horizontales distinctes.

Selon la figure 2, un dispositif de culture de végétaux 1 du type de celui de la figure 1 est installé dans une enceinte de régulation climatique 20. Le dispositif comprend 12 balancelles 3 présentant chacune une surface cultivable de 3 m². Cette
15 enceinte 20 comprend des parois 21 transparentes au rayonnement solaire et munies d'un système d'occultation de la lumière 22 pouvant être automatique mis en oeuvre lorsque l'intensité lumineuse naturelle est trop forte. L'enceinte comprend également un dispositif d'éclairage artificiel 23 permettant de suppléer l'éclairage naturel lorsque celui-ci est insuffisant pour satisfaire les besoins
20 photiques des plantes cultivées, ou inexistant, notamment durant la nuit, lorsque la photopériode de la plante n'est pas terminée.

L'enceinte 20 comprend également un groupe de climatisation 24 permettant de réguler la température et l'hygrométrie relative régnant dans la salle de culture 25. Ce groupe de régulation climatique permet d'obtenir dans la partie inférieure de la salle de culture 25 une humidité relative de 80% et une température de 20°C.
25 Dans la partie supérieure de la salle 25, la température a tendance à s'élever et le taux d'humidité relative à baisser. Pour réaugmenter le taux d'humidité relative et refroidir l'atmosphère un dispositif de nébullisation d'eau 26 est installé dans la partie supérieure de la salle de culture 25. Le dispositif de nébullisation d'eau peut par exemple être constitué d'un système de craquage à ultrasons.

30 La rotation de la roue à balancelles engendre une ventilation continue du

volume de l'enceinte, homogénéisant ainsi l'atmosphère.

La partie supérieure de la salle de culture 25 est par ailleurs munie d'un dispositif extracteur d'air 27 permettant le renouvellement de l'air fourni par le groupe de climatisation 24.

5 A côté de l'enceinte de culture est bâtie une salle de régulation climatique 28 de type classique présentant une surface 29 sur laquelle peuvent être disposée des unités de culture. Bien que la surface de cette salle 28 soit supérieure à celle de la salle de culture 25 de l'enceinte selon l'invention, le nombre d'unités de culture qui peuvent y être traitées est beaucoup plus faible.

10 L'enceinte est équipée d'un système logiciel tenant compte de l'ensoleillement instantané pour distribuer sélectivement la lumière. En d'autres termes, du fait qu'il connaît en chaque instant la position de chaque plaque-support 2 du dispositif 1 grâce au capteur angulaire 13 et d'autre part l'intensité lumineuse instantanée de lumière naturelle, il est capable d'ajuster la vitesse de rotation et/ou
15 le flux lumineux, par action sur le système d'occultation 22 de la lumière naturelle et sur le dispositif d'éclairage artificiel 23, de façon à optimiser l'ensoleillement de chaque plaque-support en fonction des besoins des unités de culture 6 qui y sont disposées.

20 Les figures 3, 4 et 5 expliquent le principe de fonctionnement du dispositif d'éclairage artificiel 23.

Selon la figure 3, la courbe d'intensité de la lumière naturelle présente des variations importantes tout au long d'une journée. Ces variations sont notamment dues aux passages des nuages devant l'astre solaire. L'énergie lumineuse reçue est traduite en ordonnées, en microEinstein (μE) par mètre carré et par seconde, le
25 microEinstein correspondant à une micromole de photons. Selon cette courbe, la lumière naturelle fournit une énergie significative d'environ 8H du matin jusqu'à environ 18H. La ligne verticale correspondant à une énergie lumineuse de 500 $\mu E.m^{-2}.s^{-1}$ symbolise l'intensité lumineuse nécessaire à l'activité photosynthétique maximale d'une plante particulière. Avant 8H et après 18H l'intensité lumineuse
30 naturelle est bien inférieure à 500 $\mu E.m^{-2}.s^{-1}$ puisque cette plage horaire

correspond à la nuit, à l'aube et au crépuscule. Entre 8H et 18H, l'intensité lumineuse est irrégulière et globalement supérieure à $500 \mu\text{E.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ avec cependant de courtes périodes vers 9H ou 15H au cours desquelles l'intensité est inférieure à cette valeur seuil.

5 La photopériode d'une plante est représentée à la figure 4. La photopériode correspond au temps pendant lequel il est nécessaire que la plante reçoive une certaine quantité d'énergie lumineuse. Selon cette figure, la photopériode de cette plante est de 11 h. Afin d'optimiser la croissance de cette plante l'énergie lumineuse reçue par la plante doit être de $500 \mu\text{E.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. En se référant à la figure 10 1 on peut constater que cette valeur n'est pas atteinte par le rayonnement solaire durant les plages A et B et d'autre part durant la plage C correspondant à la fin de la photopériode de ladite plante alors que le soleil est déjà couché. Pour suppléer la lumière naturelle, une ou plusieurs lampes à haute efficacité de rayonnement sont donc mises automatiquement en oeuvre durant ces plages. 15 L'intensité lumineuse délivrée par ces lampes est telle qu'elle complète ou remplace complètement l'intensité de la lumière naturelle en vue d'atteindre le seuil nécessaire et suffisant de $500 \mu\text{E.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. Ainsi, selon la figure 5 l'éclairage artificiel est utilisé durant la plage A en exploitant 50% de la capacité de la lampe, 70% durant la plage B et 100% durant la plage C.

20 La figure 6 montre le cumul de l'intensité lumineuse reçue par la plante cultivée au cours de la photopériode. La partie D de la courbe représente l'accumulation d'énergie fournie essentiellement par l'éclairage artificiel tandis que la partie E de la courbe représente l'accumulation d'énergie fournie par l'éclairage artificiel en fin de photopériode alors que l'intensité lumineuse naturelle est 25 beaucoup trop faible pour répondre aux besoins de la plante cultivée. Le calcul de l'énergie totale reçue par les unités de culture peut par exemple être effectué en intégrant les valeurs données par les capteurs 6 ou encore grâce à un dispositif fournissant le flux instantané reçu par chaque plateau en fonction de sa position angulaire.

30 Bien sûr, les différentes courbes représentées aux figures 3 à 6 ne traduisent

qu'un exemple particulier, l'intensité lumineuse naturelle variant évidemment tous les jours et la photopériode d'une plante étant propre à celle-ci.

Selon la figure 7, une enceinte de régulation climatique accueille un dispositif de culture de végétaux présentant douze balancelles 3 constituant autant de supports pour des unités de cultures. L'enceinte est munie d'une source lumineuse unique 23 dont le rayonnement se propage en direction du dispositif 1.

Des capteurs placés au niveau des unités de cultures (non représentés) ont permis de mesurer l'intensité lumineuse reçue par les unités de culture en fonction du positionnement relatif de la balancelle sur laquelle elles se trouvent par rapport à la source lumineuse 23. Ces différentes positions sont référencées sur la figure 7 de 1 à 12. On constate que, suivant leur éloignement de la source lumineuse 23, les unités de culture de reçoivent pas la même intensité lumineuse. Dans la position la plus proche du dispositif d'éclairage, l'intensité lumineuse reçue est maximale ($3000 \mu\text{E.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) tandis que dans la partie inférieure du dispositif elle est beaucoup plus faible ($280 \mu\text{E.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$). Le dispositif observant une rotation périodique, les unités de cultures recevront cependant toute une quantité de lumière statistiquement égale, si la vitesse de rotation est constante. Si la vitesse de rotation est variable, les unités de culture recevront une quantité de lumière variable.

Les différentes valeurs des intensités lumineuses reçues dans les positions 1 à 12 du dispositif sont représentées à la figure 8. La vitesse de rotation du dispositif est calculée de façon à ce que le temps pendant lequel les plantes recoivent une intensité ne satisfaisant pas leurs besoins photiques (correspondant aux plages Y) soit inférieur au temps de rémanence de fermeture des stomates des plantes cultivées et n'ait pas d'incidence sur l'optimisation de l'activité photique de celles-ci. Le pic Z correspond au passage des balancelles à proximité de la source lumineuse permettant de saturer les capteurs photosynthétiques des plantes pendant une durée correspondant à peu près à la durée d'un cycle. Le dispositif permet ainsi de réaliser des économies d'énergie importantes.

La régulation de l'ensemble est interactive entre toutes ses composantes : température, hygrométrie, éclairage, contrôle gazeux, irrigation et fertilisation.

Elle agit de façon cyclique conjuguée ou non au cycle solaire.

REVENDICATIONS

5 1. Dispositif de culture de végétaux (1) du type comprenant au moins un support horizontal sur lequel peuvent être disposés des unités de culture végétale (6) et destiné à être installé dans une enceinte bénéficiant d'une source de lumière naturelle et/ou possédant au moins une source lumineuse artificielle caractérisé en ce que ledit dispositif (1) est constitué d'une ou plusieurs plaques-support horizontales (2) reliées à des moyens permettant de leur inculquer un mouvement
10 de rotation périodique autour d'un axe horizontal (4) de façon à faire prendre de façon identique et cyclique à chacune desdites plaques-support (2) une succession de positions possédant chacune des caractéristiques d'exposition spécifiques.

15 2. Dispositif de culture de végétaux (1) selon la revendication 1 caractérisé en ce que chacune des plaques-support (2) de culture est constitué d'un balancelle (3) entraînée en rotation autour dudit axe de rotation (4) distinct de l'axe de suspension de ladite balancelle (3).

20 3. Dispositif de culture de végétaux (1) selon la revendication 2 caractérisé en ce qu'il est en forme de roue monobloc constituée d'une pluralité de montant radiaux diamétraux (5) à chacune des extrémités desquels est suspendue une plaque-support de culture(2) sous forme de balancelle (3), des moyens d'entraînement (14) imprimant à ladite roue un mouvement de rotation autour dudit axe horizontal (4).

25 4. Dispositif de culture de végétaux (1) selon la revendication 3 caractérisé en ce que lesdits moyens d'entraînement impriment à ladite roue une vitesse angulaire constante de façon à répartir de façon homogène le flux lumineux reçu par les unités de cultures (6) sur l'ensemble des plaques-support horizontales (2).

30 5. Dispositif de culture de végétaux (1) selon la revendication 3 caractérisé en ce que lesdits moyens d'entraînement (14) impriment à ladite roue une vitesse angulaire variable de façon à distribuer de façon différenciée le flux lumineux reçu par les unités de culture (6) disposées sur au moins deux plaques-support

horizontales (2) distinctes.

5 6. Dispositif de culture de végétaux (1) selon l'une des revendications 1 à 6 caractérisé en ce qu'il est équipé d'un système d'irrigation et/ou de fertilisation constitué par un bac contenant eau et/ou substances nutritives disposé de telle sorte que lors de sa rotation autour dudit axe horizontal (4), chaque unité de culture disposée sur lesdites plaques-support (2) observe un temps de passage dans ledit bac.

10 7. Dispositif de culture de végétaux selon l'une des revendications 1 à 6 caractérisé en ce qu'il est muni d'un système électrique (7) dont les bornes (8, 9) peuvent coopérer avec deux électrodes (10, 11) plantées dans le substrat de chaque unité de culture (6), le système électrique (7) permettant de détecter les besoins en eau des unités de culture en entrant en contact temporaire avec les électrodes (10, 11) lors du passage de celles-ci, ledit système électrique (7) étant relié à un bac (12) délivrant le liquide d'irrigation en fonction des besoins relevés par le système électrique.

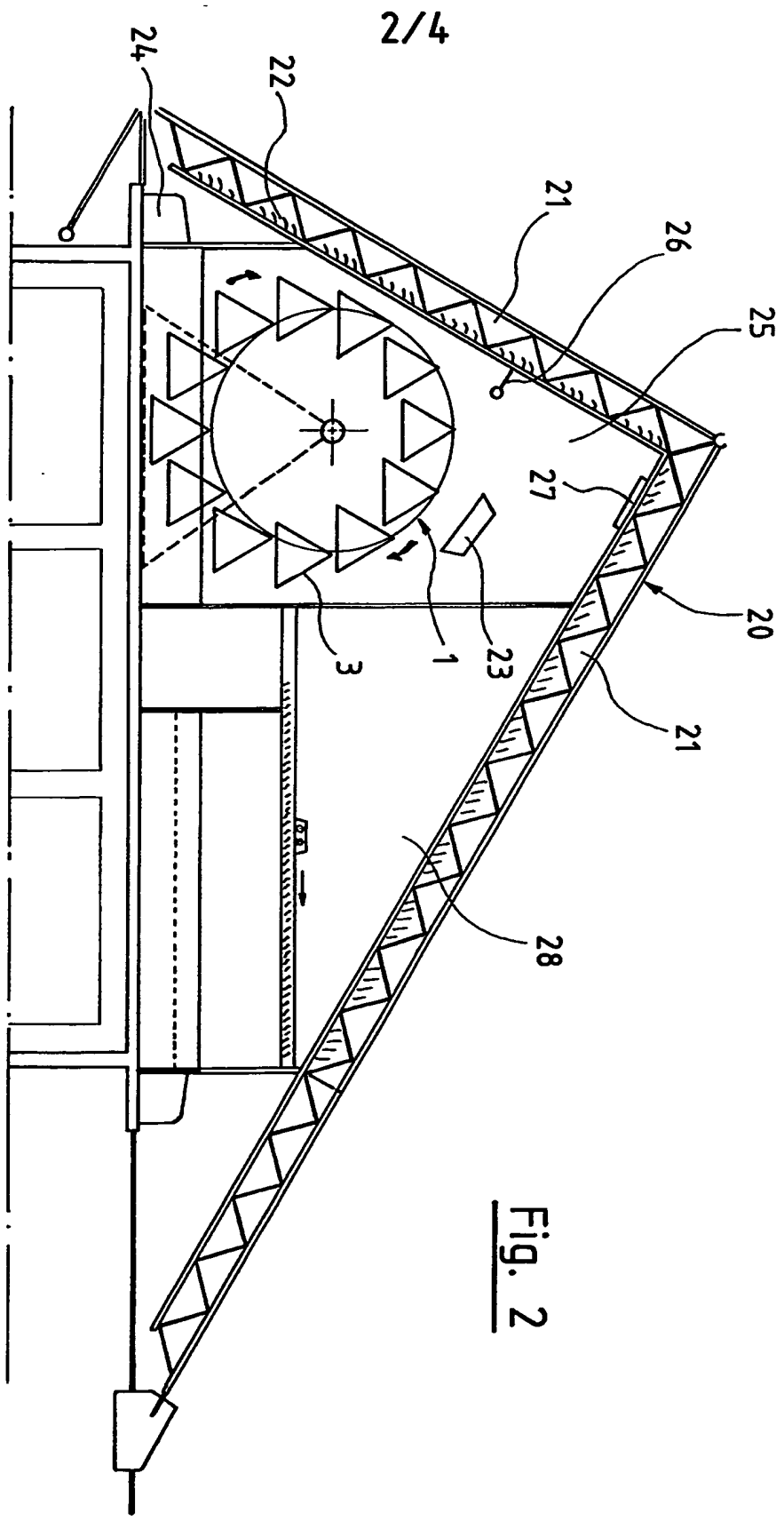
15 8. Dispositif de culture de végétaux (1) selon l'une des revendications 1 à 7 caractérisé en ce qu'il est muni d'un capteur angulaire (13) permettant de détecter la position de chaque plaque-support horizontale (2) lors de sa rotation autour dudit axe horizontal (4).

20 9. Dispositif de culture de végétaux (1) selon l'une des revendication 1 à 8 caractérisé en ce qu'il coopère avec des moyens de climatisation (24) insufflant un flux d'air à hygrométrie contrôlée dans une direction essentiellement tangentielle à ladite roue et dans le sens de rotation du dispositif de culture.

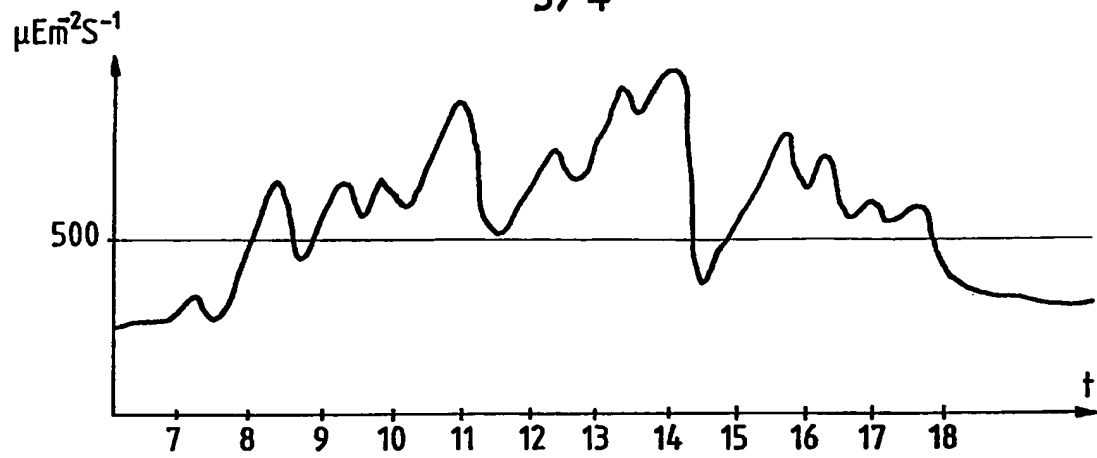
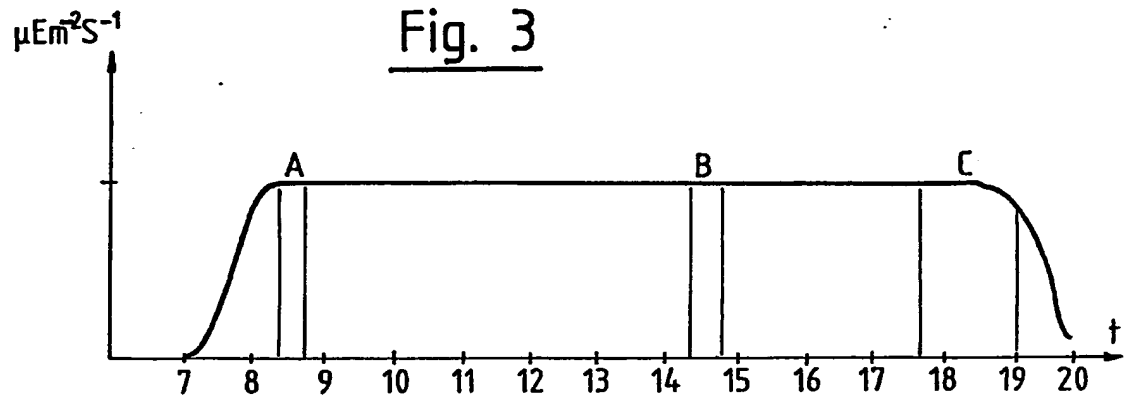
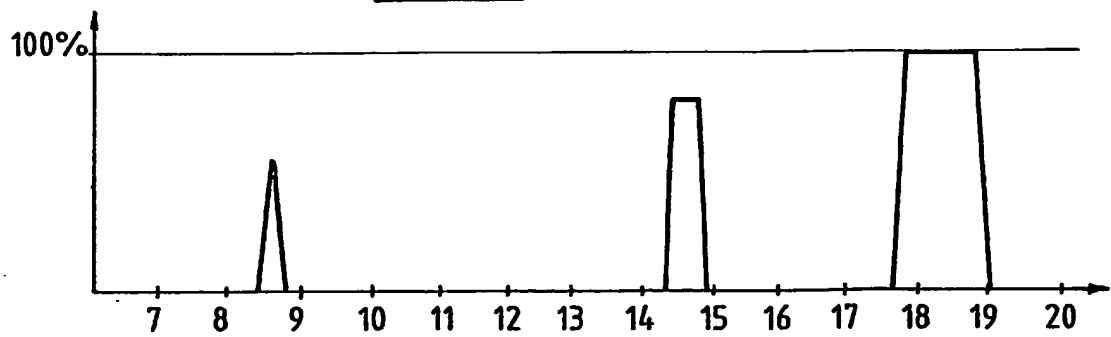
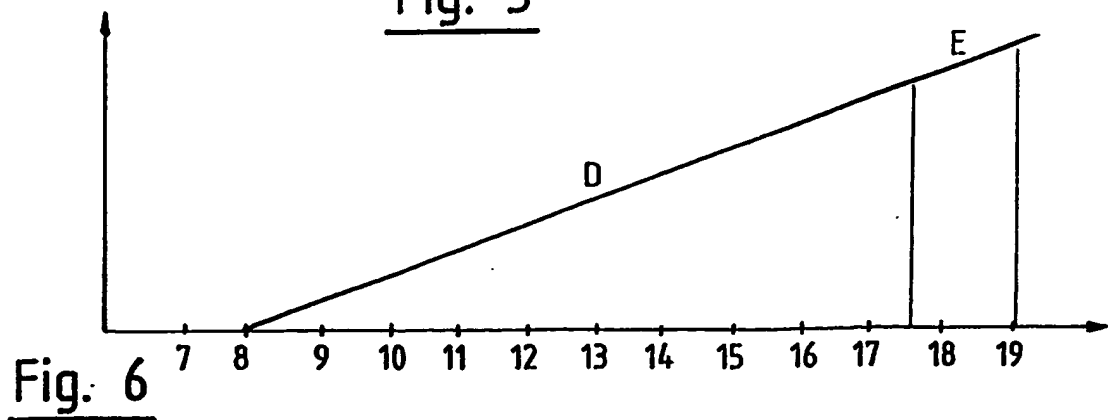
25 10. Enceinte de régulation climatique (20) comportant au moins un dispositif de culture de végétaux (1) selon l'une des revendications 1 à 9 caractérisée en ce qu'elle comprend des moyens d'occultation (22) de la lumière naturelle pouvant être actionnés lorsque l'intensité de la lumière naturelle est trop forte ou pour correspondre à la photopériode des plantes cultivées dans les unités de culture (6).

30 11. Enceinte de régulation climatique (20) comportant au moins un

dispositif de culture de végétaux (1) selon l'une des revendications 1 à 9 caractérisée en ce qu'elle comprend des moyens de nébulisation d'eau (26) permettant de créer un brouillard servant à réguler l'hygrométrie ambiante.



3/4

Fig. 3Fig. 4Fig. 5Fig. 6

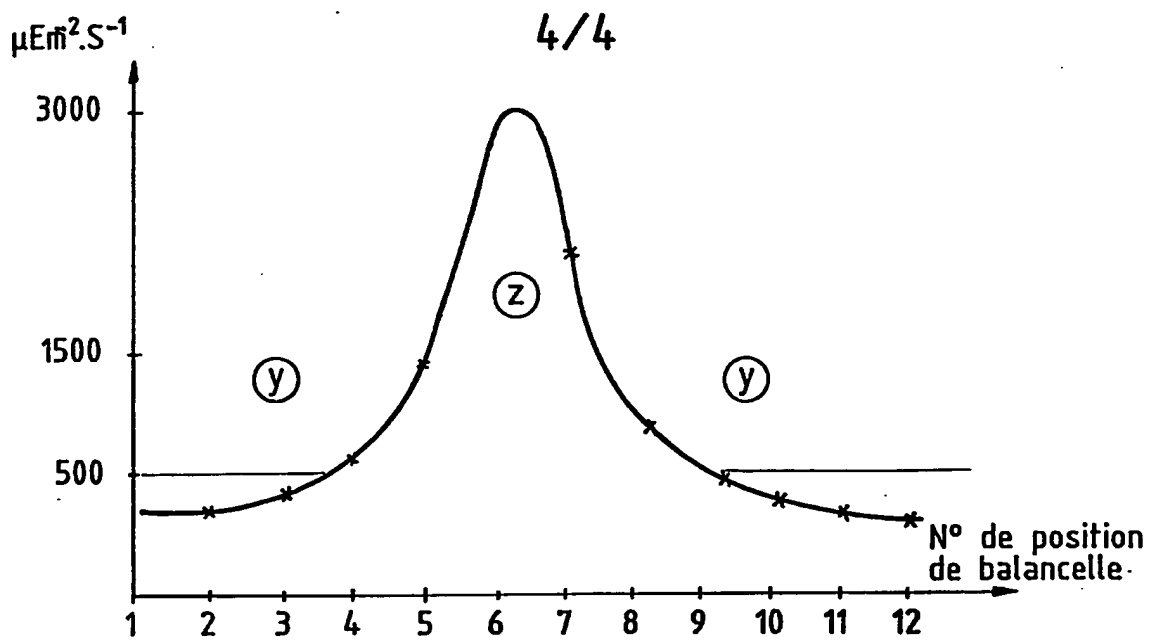


Fig. 8

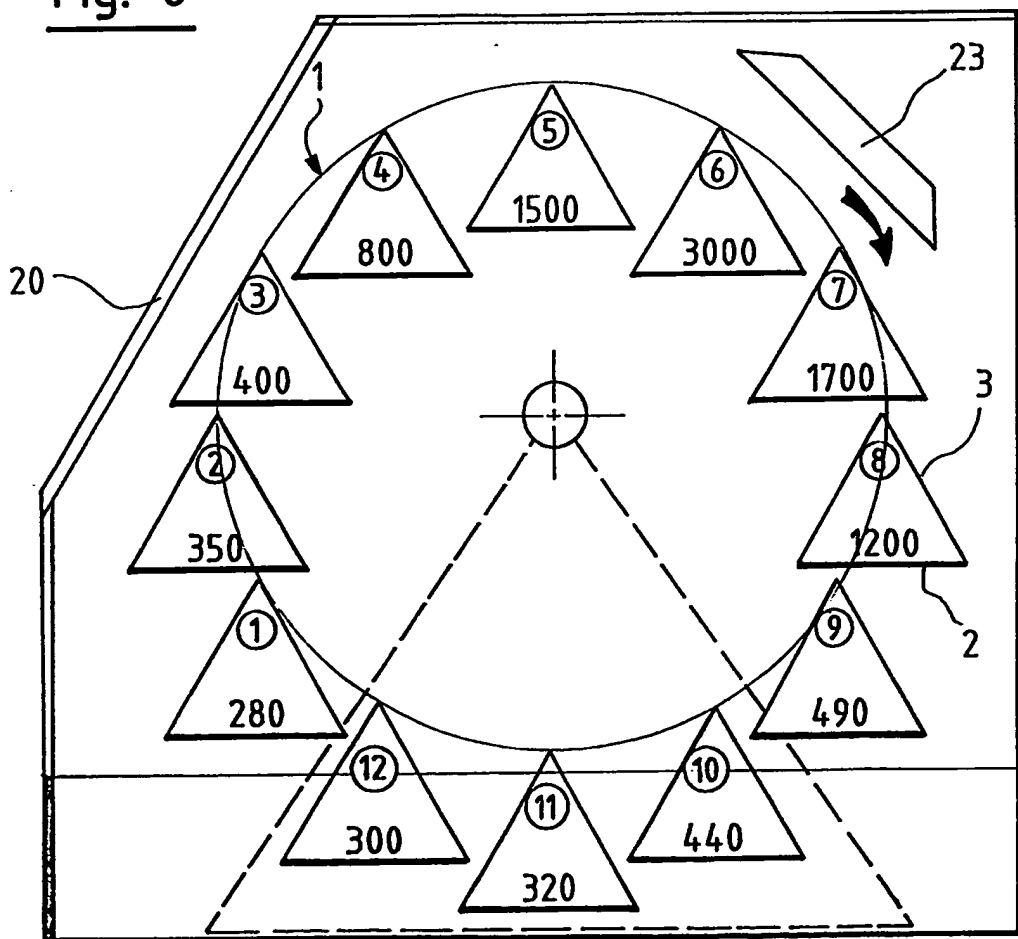


Fig. 7

INSTITUT NATIONAL
de la
PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE
établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FR 9110216
FA 463013

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
X	US-A-3 339 308 (CLARE) * colonne 2, ligne 18 - colonne 3, ligne 58; figures *	1-4, 6
Y	—	9, 11
Y	US-A-3 824 736 (DAVIS) * colonne 4, ligne 42 - colonne 5, ligne 9; figures 1, 2, 4 *	9, 11
X	FR-A-2 631 210 (COSSERAT) * page 1, ligne 10 - ligne 19 * * page 3, ligne 1 - ligne 18; figure 3 *	1-4
Y	—	10
Y	FR-A-2 382 182 (LIETZEN JENSEN) * page 1, ligne 1 - ligne 15; figures *	10
X	FR-A-1 385 867 (RUTHNER) * le document en entier *	1, 2, 4, 6
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. CL.5)
		A01G
Date d'achèvement de la recherche 06 MAI 1992		Examineur PERNEY Y.
<p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p>		

DERWENT-ACC-NO: 1993-119350

DERWENT-WEEK: 199315

COPYRIGHT 2005 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Plant cultivator, with controlled rotational movement about horizontal axis. - has mechanism which rotates horizontal plant trays into successive positions for controlled exposure to regulated climatic conditions.

INVENTOR: LE NORMAND BENATEAU, S

PATENT-ASSIGNEE: LE NORMAND B S[LNORI]

PRIORITY-DATA: 1991FR-0010216 (August 7, 1991)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE	PAGES	MAIN-IPC
FR 2680074 A1	February 12, 1993	N/A	024	A01G 009/20

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DESCRIPTOR	APPL-NO	APPL-DATE
FR 2680074A1	N/A	1991FR-0010216	August 7, 1991

INT-CL (IPC): A01G009/20, A01G009/24 , A01G031/02

ABSTRACTED-PUB-NO: FR 2680074A

BASIC-ABSTRACT:

The cultivator is constructed on a horizontal support which carries a series of cultivation units (6). The whole unit is designed to be installed in an enclosure providing a source of natural and/or artificial light.

The device is formed as a series of horizontal support plates (2) carried by a structure, which is able to provide a periodic rotational movement about a horizontal axis (4), in such a way as to present to each support plate, a succession of positions representing specific exposure characteristics.

USE/ADVANTAGE - It allows the control of the climatic conditions, to optimise the cultivation process.

CHOSEN-DRAWING: Dwg.1/7

TITLE-TERMS: PLANT CULTIVATE CONTROL ROTATING MOVEMENT HORIZONTAL
AXIS

MECHANISM ROTATING HORIZONTAL PLANT TRAY SUCCESSION POSITION
CONTROL EXPOSE REGULATE CLIMATE CONDITION

DERWENT-CLASS: P13

SECONDARY-ACC-NO:

Non-CPI Secondary Accession Numbers: N1993-091056